

COMMUNIQUER

1. Présentation

Communiquer, c'est échanger des informations. Tout représentant du règne animal communique avec ses congénères. Il arrive même à certains végétaux de communiquer.

Les animaux échangent un nombre relativement réduit d'informations. Ils ont particulièrement développé un des cinq sens pour atteindre des performances qui nous laissent interrogatifs.

Un papillon de nuit utilise la communication olfactive, il est capable de percevoir sa femelle à plus d'un kilomètre. Les manchots se reconnaissent à l'oreille. La luciole communique par un code visuel.

À chaque fois, on peut mettre en évidence trois parties dans l'échange :

L'information elle-même

Son **support**

Le **code** employé pour la transmettre

Exemple :

Le manchot arrivant de sa pêche semble dire "je suis de retour", le poussin "je suis ici". C'est une information de reconnaissance.

Le support est le son

Le code est constitué par des sons de fréquences particulières. Pour augmenter les possibilités de codage, le manchot émet deux sons simultanément.

2. Bref historique

La transmission de l'information s'est longtemps faite par l'intermédiaire d'un messager, cela prenait du temps et était risqué. Les applications de l'électricité ont permis la transmission de l'information sur de longues distances, instantanément et de manière sûre.

Le problème, au début, était de transmettre un texte sur une ligne conductrice (ou sur une liaison Hertzienne) qui ne connaît que deux états, présence ou absence de tension. Il a fallu inventer des systèmes de codage de l'information qui tiennent compte des possibilités techniques de l'époque.

2.1. Le code Morse

Étant donné qu'il n'était pas encore possible de transmettre la parole, il fallait utiliser un code très simple n'utilisant que la présence et l'absence de tension. Or l'absence de tension peut avoir deux significations : pas de message ou intervalle de séparation à l'intérieur d'un message.

Le code Morse résout le problème en créant deux symboles de présence de tension, le point et le trait. Le point est une présence courte de tension et le trait une présence longue.

Une lettre ou un chiffre sont représentés par un ensemble de points et de traits, un silence court permet de distinguer deux symboles, un silence long sépare deux caractères.

La réception peut se faire de manière sonore ou par un enregistrement sur bande de papier.

Selon cette description on peut considérer que le code Morse utilise trois symboles, le point, le trait et le silence.

Il est facile de retrouver ce que sont l'information et le support, le code vient d'être décrit, on peut cependant remarquer que le texte est décomposé en ses lettres et chaque lettre est codée, le texte n'est pas envoyé d'un bloc, pas plus que chaque lettre. Le temps n'intervient pas dans le décodage de l'information.

2.2. Le code Baudot

Émile Baudot a inventé le téléimprimeur, que l'on appelle maintenant Telex. On peut voir cet appareil comme une machine à écrire spéciale : l'action sur une touche réalise une traduction de la lettre vers une forme électrique, selon le code Baudot. Le récepteur réalise l'opération inverse et imprime le texte.

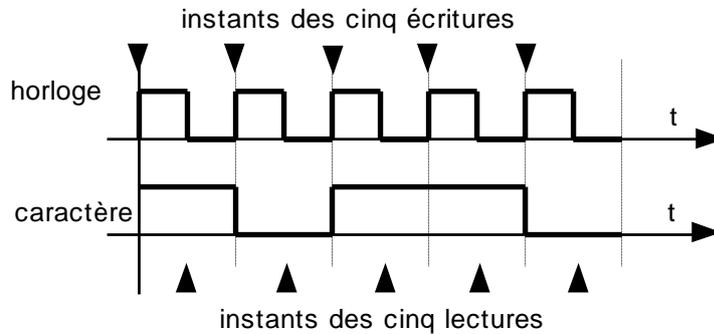
Cette fois le code n'utilise que deux symboles, la présence ou l'absence de tension.

Chaque caractère est codé par un ensemble de cinq symboles, c'est à dire que le code Baudot ne permet de transmettre que 32 caractères différents. Grâce à une astuce analogue à

la touche "majuscule" on pouvait transmettre les 26 lettres de l'alphabet, les chiffres et quelques signes techniques.

Un problème important se pose : comment faire la distinction entre deux symboles contigus identiques ?

Le temps joue un rôle important dans ce code. Étant donné que la durée de chaque symbole, présence ou absence, est identique, la distinction se fait en lisant les symboles au rythme d'une horloge.



Autre problème important : en absence de transmission la ligne est au niveau bas. Que se passe-t-il si le premier moment¹ du caractère est un niveau bas, comment le distinguer du niveau bas du repos ?

3. Le code ASCII

C'est une extension du principe du code Baudot, il comprend 128 ou 256 caractères codés en binaires.

Si les précédents codes ne sont plus en usage, le code ASCII est universellement utilisé dans les ordinateurs pour traduire les caractères d'un texte afin qu'il puisse être traité de manière informatique.

Chaque caractère est traduit par un octet². L'ordinateur peut distinguer un octet représentant un caractère d'un octet représentant autre chose car il sait s'il manipule un texte ou autre chose.

Ci-dessous, un extrait de la table des caractères ASCII dans sa représentation hexadécimale.

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
00																
10																
20	sp	!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[\]	^	_
60	'	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	bar	}	~	DEL

Le caractère "barre verticale" est représenté par **bar** pour ne pas être confondu avec L minuscule.

Les cases blanches contiennent des caractères techniques hors sujet ici.

La lettre **A** sera représentée par l'octet **01000001** dans la mémoire de l'ordinateur.

Cette table contient 128 caractères (visibles ou non)

Tous les caractères sont codés avec 7 bits

Il existe également un code dit étendu, il comprend 256 caractères qui sont alors codés avec 8 bits.

¹ On appelle moment, la durée séparant deux instants d'écriture successifs, c'est aussi la période de l'horloge.

² un octet est un ensemble de huit chiffres binaires, les premiers ordinateurs manipulaient leurs données sous forme d'octets. c'est pour cette raison que l'octet sert encore d'unité de mesure de capacité des disques durs.

4. La liaison de type Centronic

Cette liaison sert à transmettre un texte à une imprimante de la façon suivante :

L'ordinateur est relié à l'imprimante par un câble possédant une vingtaine de conducteurs, on trouve un fil pour chacun des bits de l'octet, trois fils de protocole et d'autres plus techniques.

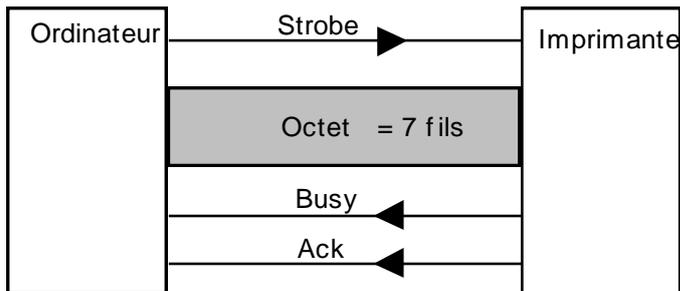
En plus de l'information, du support et du code, on trouve la notion de **protocole** c'est à dire de conventions nécessaires à la bonne compréhension entre l'émetteur et le récepteur.

Ici le protocole est simple :

L'émetteur place les fils du câble correspondant à la donnée, aux niveaux logiques indiqués par l'octet à transmettre.

Il avertit le récepteur que le caractère est disponible en plaçant le fil STROBE au 0 logique

Grâce à un fil particulier, BUSY, l'imprimante indique qu'elle est occupée à traiter le caractère, elle donne le même renseignement d'une autre manière par le fil ACK.



la liaison de type Centronic est maintenant en déclin, elle est remplacée par la liaison USB qui est de type série.

Il faut retenir de ce paragraphe qu'il existe une façon de transmettre un fichier qui traite un caractère dans son entier, on appelle cette façon, la liaison **parallèle**. Tous les bits de l'octet sont transmis en même temps, en parallèle.

Il est nécessaire de mettre en place un **protocole** pour que l'échange se fasse correctement.

Ce type de liaison est rapide et simple à mettre en œuvre mais il a deux inconvénients

- Nécessité d'un câble comprenant un grand nombre de conducteurs
- La longueur de ce câble est limitée à environ 1,5 m pour des raisons techniques.

5. La liaison série

Le principe de la liaison série existe depuis l'invention d'Émile Baudot, il s'agissait de l'adapter aux besoins des ordinateurs.

Le problème principal est de transmettre les caractères, sur de grandes distances et sur une ligne conductrice ne comprenant que deux fils. Cette ligne a été remplacée par la suite par le téléphone.

Pas question, ici, d'employer la vingtaine de fils de la liaison Centronic. Le principe d'E.Baudot a été conservé : les chiffres binaires du code ASCII des caractères circulent les uns derrière les autres sur la ligne bifilaire du téléphone.

Deux problèmes se sont posés :

- La ligne téléphonique est incapable de transporter correctement des données de type logique, la forme rectangulaire du signal est altérée par son passage dans le téléphone. Il faut inventer une adaptation entre la ligne téléphonique et l'ordinateur : **le modem**.

- Là encore il faut utiliser un protocole.

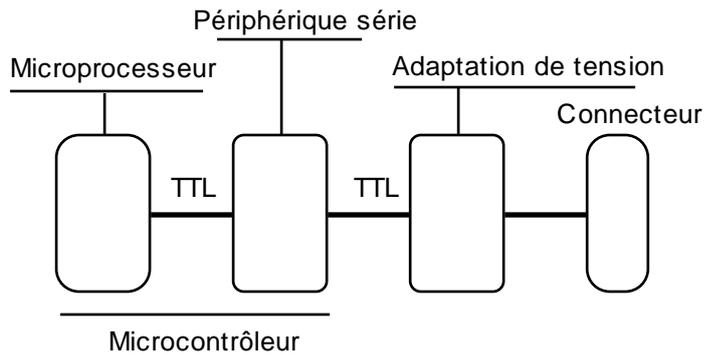
5.1. La liaison série asynchrone

La liaison est dite asynchrone car les caractères peuvent être présentés à des instants quelconques sur la ligne. Bien sûr une fois la transmission d'un caractère commencée, elle se fait au rythme d'une horloge comme présenté ci-dessus.

La liaison étant asynchrone il faut un moyen pour annoncer le début de la transmission d'un caractère. *Nous commençons à étudier le protocole de transmission.*

Le principe de la transmission de Baudot nous montre qu'il faut écrire et lire les chiffres binaires au rythme d'une horloge. Or, ici, il n'y a pas de transmission de l'horloge de l'émetteur vers le récepteur. Le récepteur et l'émetteur possèdent chacun une horloge, elles doivent être synchronisées au début de la transmission d'un caractère : encore une raison de marquer le début de la transmission.

5.2. Architecture simplifiée des composants d'une liaison série

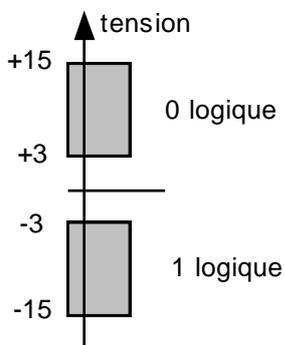


Le microprocesseur transmet les octets au périphérique série qui le décharge d'un certain nombre de tâches, en particulier de la décomposition de l'octet en ses éléments, les chiffres binaires. C'est la transformation parallèle-série.

Dans l'autre sens, le périphérique réalise la transformation série-parallèle.

Le périphérique traite le **protocole** c'est à dire qu'il se charge d'inclure le bit de start et le bit de stop ainsi que le bit de parité³ si nécessaire.

5.3. L'adaptation de tension entre le périphérique série et le connecteur RS232



La description présentée ci-dessous fait référence aux signaux que l'on peut relever sur le connecteur externe RS232. La norme RS232 impose des plages de tensions pour représenter les niveaux logiques. Ceci permet de limiter l'incidence des parasites et autres interférences présents sur la ligne de transmission entre les deux postes.

Il faut se rappeler que le microprocesseur et le périphérique d'adaptation à la liaison série fournissent leurs informations sous forme de tensions logique de type TTL.

Il existe donc un circuit de translation des tensions entre le périphérique et le connecteur RS232.

5.4. Le bit de start et le bit de stop

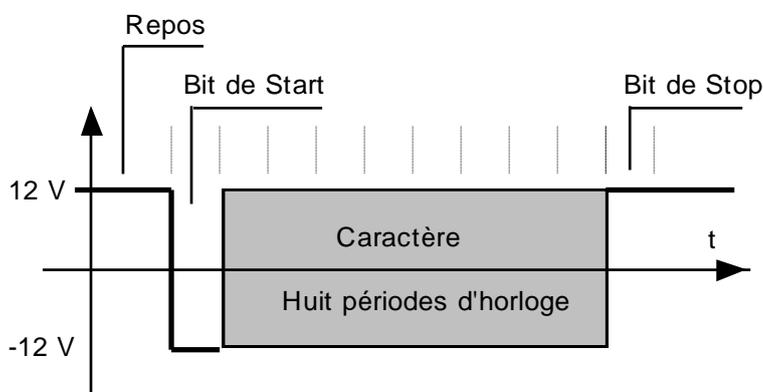
Explorons le connecteur de liaison série qui se trouve à l'arrière de l'ordinateur. Mesurons la tension de la ligne d'émission alors qu'elle est au repos, nous trouvons 12V environ.

Au repos, l'émetteur maintient la ligne d'émission à 12 V.

Pour marquer le début d'une transmission, il suffit d'amener la tension de cette ligne à une valeur différente de 12 V pendant une période d'horloge. Cette valeur est choisie à -12 V

Nous venons de décrire **le bit de start**.

À la fin de la transmission d'un caractère il faut s'assurer que la ligne reprenne sa valeur de repos pendant une durée déterminée, en général une période d'horloge, c'est **le bit de stop**⁴.



³ Les notions sont expliquées dans les paragraphes suivants

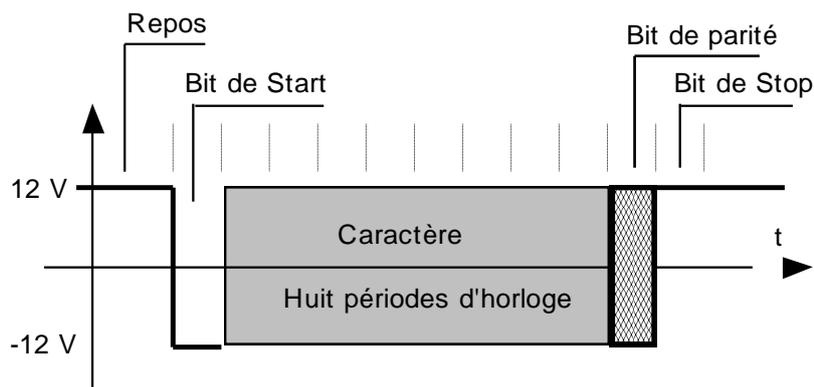
⁴ Le bit de stop peut durer 1 ou 1,5 ou 2 périodes d'horloge.

5.5. Le contrôle de l'intégrité des données transmises

Il s'agit de donner au récepteur, la possibilité de vérifier que la donnée qu'il vient de recevoir est conforme à celle qui a été envoyée. Plusieurs moyens sont disponibles, certains se contentent de détecter l'erreur éventuelle, d'autres peuvent, en plus, la corriger. Selon le degré de sécurité souhaité, la quantité d'information à transmettre varie. Pour détecter et corriger une erreur, il faudra plus d'informations que pour la détecter uniquement, l'information à transmettre est doublée, on dit qu'il y a redondance d'information. Ces informations supplémentaires ralentissent la transmission.

Le protocole de la liaison série de base utilise un moyen de détection de l'erreur simplifié qui consiste à coder l'information transmise afin qu'elle contienne toujours un nombre pair (ou impair) de 1 logiques. Le récepteur vérifie si le nombre de 1 reçus est bien pair (ou impair), si c'est le cas la transmission est déclarée bonne sinon elle est considérée comme fautive.

Un onzième bit, dit **bit de parité** est transmis avec le caractère selon le schéma ci-dessous. Le caractère pair (ou impair) du nombre de 1 transmis tient compte du bit de parité.



En résumé, le bit de parité permet de transmettre un nombre pair (ou impair) de 1 logiques. Il prend la valeur 1 ou 0 selon les circonstances.

On peut envisager le même genre de vérification avec un nombre impair de bits à 1. On parle de **parité paire** ou de **parité impaire**.

L'efficacité du procédé est faible mais suffisante dans bien des cas.

5.6. L'horloge de transmission

L'écriture comme la lecture du caractère se fait au rythme d'une horloge. Or pour des raisons de simplicité, l'horloge émettrice n'est pas transmise au récepteur. Ce dernier possède donc sa propre horloge qui doit être synchronisée à celle de l'émetteur à chaque début de transmission d'un caractère, c'est un des rôles du bit de start.

Le front descendant du bit de start force l'horloge réceptrice à présenter également un front descendant.

Les fréquences possibles pour cette horloge sont définies par la norme, pour rendre hommage à E. Baudot, on a donné de nom de Baud à cette fréquence.

On trouve donc, 4800 bauds ; 9600 bauds ; 19200 bauds etc

6. Différence entre Bauds et Bits/seconde

Comme on l'a vu plus haut, le nombre de Bauds qualifie la fréquence de l'horloge de transmission.

Certains procédés de codage de l'information peuvent transmettre plus d'un bit par période d'horloge. Il faut donc introduire une unité nouvelle qui qualifie le débit de la transmission.

Certains puristes ne retiennent que les bits de données pour calculer le débit, ce qui fait que même dans le cas simple présenté ci-dessus, le nombre de Bauds n'est pas égal au nombre de Bits par seconde.

7. Le contrôle de flux

On appelle **flux**, le flot de caractères allant de l'émetteur vers le récepteur. Le contrôle de flux cherche à résoudre le problème suivant :

Il s'agit de transmettre un grand nombre de caractères, un texte par exemple. Il se peut que le récepteur ait du mal à traiter un si grand nombre de caractères à la vitesse imposée par l'émetteur. Le récepteur peut réclamer la suspension de la transmission.

Il peut le faire de deux manières différentes :

- Soit en plaçant un niveau logique adéquat sur une borne particulière du connecteur, on parle alors de **contrôle matériel**. Ce qui nécessite la présence d'un fil supplémentaire dans le câble de liaison.

- Soit en envoyant en caractère particulier⁵ à l'émetteur c'est le **contrôle logiciel**.

La reprise de la transmission se fait soit en plaçant la sortie à la valeur logique de marche soit en envoyant un autre caractère conventionnel.

8. La configuration d'un canal de transmission

Configurer la transmission consiste à donner des valeurs communes aux paramètres de l'émetteur et du récepteur.

On trouvera la fréquence des horloges

Il faut indiquer si le caractère ASCII est codé sur 7 ou 8 bits,

Le contrôle de la parité est-il envisagée, si oui, est-ce la parité ou l'imparité ?

Souhaite-t-on qu'il y ait un contrôle de flux ? Si oui veut-on un contrôle matériel ou logiciel ?

Exemple : 9800 bauds, 8 bits de données, parité paire, sans contrôle de flux

9. Le modem⁶

Les signaux logiques présentent des fronts raides, or la ligne téléphonique est incapable de laisser passer ces fronts raides. Le réseau téléphonique est prévu pour transmettre des fréquences comprises entre 300 et 3300 Hz. Il faudra convertir le support de l'information, d'une tension à deux niveaux en deux signaux de fréquences différentes : c'est le rôle du modem.

L'ordinateur communique avec le modem grâce à un protocole constitué de signaux logiques. Le câble reliant les deux appareils possède au minimum 9 conducteurs.

Le tableau ci-dessous résume le dialogue entre l'ordinateur (O) et le modem (M)

Éléments de dialogue	Signaux
O : Je suis en marche	DTR actif
M : Je suis en marche	DSR actif
O : Je veux transmettre un texte	RTS actif
M : Je suis prêt à recevoir le texte	CTS actif
O : Je transmets le texte	sur TxD
M : Je reçois le texte	sur RxD
M : Ça sonne !!!	RI
M : La ligne est établie avec le correspondant (porteuse)	DCD actif

Ci-dessous le brochage du connecteur de liaison série d'un ordinateur

Masse	5 ●	● 9	Détection de sonnerie	RI
Terminal prêt (DTR)	4 ●	● 8	Permission d'émettre	CTS
Donnée émise (TXD)	3 ●	● 7	Demande d'émission	RTS
Donnée reçue (RXD)	2 ●	● 6	Modem prêt	(DSR)
Détection de porteuse	1 ●			

Remarque : le connecteur du modem est légèrement différent de celui de l'ordinateur ce qui rend le câblage entre ordinateur et modem facile : il suffit de relier directement les broches de même numéro.

Pour connecter deux ordinateurs entre eux, il faut procéder à un câblage spécial afin de faire croire aux ordinateurs qu'ils sont reliés à des modems. L'étude du tableau ci-dessus permet de réaliser le câblage.

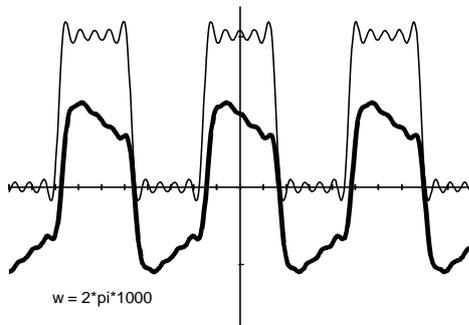
⁵ ce n'est ni un chiffre ni une lettre, ce caractère prend place dans les cases blanches du tableau des codes ASCII.

⁶ Le mot modem est formé par la contraction de "modulateur-démodulateur".

On peut réduire le nombre de conducteurs du câble par une astuce, on relie directement certaines bornes du connecteur, bien sûr il y a perte d'information. On peut relier directement les broches 7 et 8 par exemple. D'autres configurations sont possibles.

Les constructeurs fournissent des câbles modifiés pour relier deux ordinateurs, ils sont nommés "câble Null-Modem".

10. Réponse du réseau téléphonique à un signal TTL



La figure ci-contre est une simulation qui montre la déformation apportée par le passage d'un signal TTL dans le réseau téléphonique.

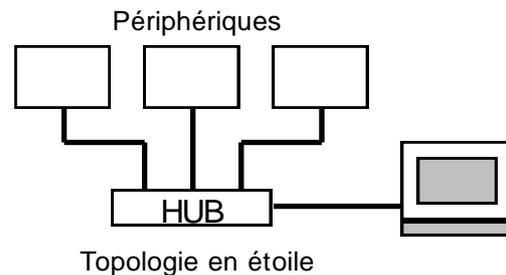
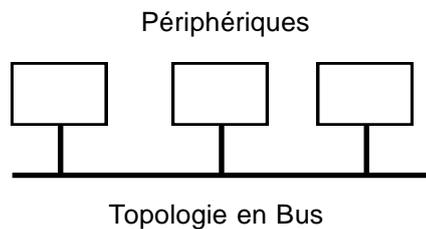
Le trait fin reconstitue, par calculs, le signal TTL. Le trait fort montre le signal en sortie du réseau.

On voit que la composante continue a disparu ce qui fait que le signal n'atteint plus le seuil de basculement haut, de plus les fronts des transitions sont trop lents. Le signal issu du téléphone est inexploitable par un circuit logique.

11. Les transmissions de type série actuelles

USB, CAN, I²C sont les bus de type série très employés actuellement. Leur première raison d'être est la réduction de la quantité de cuivre utilisé pour le câblage et l'augmentation de la rapidité de la transmission.

Ces transmissions se font par un ensemble de trois ou quatre fils. La topologie peut être le bus ou l'étoile.



La réduction du câblage est rendue possible par une augmentation de "l'intelligence" donnée à chaque périphérique qui est ainsi capable de dialoguer avec l'ordinateur centralisateur. L'intelligence est donnée par un petit système microprogrammé implanté dans le périphérique.

Les protocoles mis en œuvre diffèrent selon le type de liaison, USB, CAN ou I²C mais on peut dégager des caractères communs

Étant donné que tous les périphériques sont reliés entre eux, il faut être capable de les distinguer afin de s'adresser à l'un d'entre eux en particulier. Chaque périphérique possède une adresse

Le périphérique doit recevoir ou envoyer des données

Il doit informer son correspondant qu'il s'est bien acquitté de sa mission.

Les informations échangées entre l'ordinateur centralisateur et le périphérique doivent donc comporter :

- un champ d'adresse
- un champ de données
- un champ d'acquiescement

De plus, comme dans toute transmission de type série, le temps intervient. Les éléments binaires doivent être envoyés et reçus au rythme d'une horloge.

Cette horloge est transmise de l'émetteur au récepteur dans les liaisons CAN et I²C alors qu'elle est reconstituée par le récepteur dans l'USB.